1. Contexte et enjeu du biochar

Le prix bas des énergies fossiles ne permet pas actuellement une dynamique de développement suffisante des chaufferies bois (production de chaleur renouvelable par combustion en présence d'oxygène et d'un coproduit, les cendres [1]) pour atteindre les objectifs de développement des énergies renouvelables thermiques inscrits dans la Planification Pluriannuelle de l'Énergie (PPE[2]).

L'absence actuelle de taxation du carbone pour les projets territoriaux ne compense pas cet handicap des projets vertueux. Pourtant la filière locale bois énergie s'appuie sur des exemples nombreux et beaucoup de réussites à travers le soutien (animation / investissement) du Plan Bois Energie Bretagne [3]. Mais la plupart d'entre elles s'appuient sur le même modèle.

La force de la filière bois énergie est de s'appuyer sur des intrants combustibles locaux et très variés, de proposer des technologies adaptées et pas toujours connues pour produire de la chaleur mais aussi dans certaines conditions d'autres vecteurs énergétiques (gaz, électricité) et enfin d'être source de coproduits ou de sous-produits valorisables (refus de crible, cendre, biochar, etc...). Les modèles de développement sont théoriquement nombreux et des exemples probants existent et gagneraient à être diffusés sur les territoires.

Actuellement, dans les filières spécifiques de production de biochar, c'est la matière première et les procédés de production qui définissent le produit et non le marché de consommation. La production de biochar étant complexe puisqu'il existe une panoplie de MOR, de technologies et de traitements post-pyrolyse pouvant modifier les propriétés physico-bio-chimiques du produit fini, comportant des éléments plus ou moins désirables pour le marché de valorisation ciblé. Un des enjeux de développement de cette filière est donc de caractériser l'utilisation finale pour déterminer le mode de production (MOR, méthodes de pyrolyse, traitements post-pyrolyse). Des moyens doivent être mis en place localement pour associer les bons acteurs de l'amont à l'aval.

D'autre part, aucune charte spécifique de production et de caractérisation n'existant actuellement, des recherches spécifiques à chaque voie de valorisation doivent encore être menées afin de mieux définir les biochars produits pour les marchés potentiels, et non de tenter de les incorporer dans des marchés potentiels. Des moyens analytiques doivent être mis en place localement pour valider les différentes étapes de transformation selon les besoins exprimés (molécules cibles, retour au sol, etc…).

2. Des ressources ligneuses insuffisamment valorisées

Le développement des biocombustibles d'origines variées peut venir en cohérence avec les besoins et les enjeux du territoire et dans une logique d'approvisionnement local : déchets verts, bocage agricole et autres agro-combustibles. D'autres produits plus marginaux méritent d'intégrer cette réflexion : les produits issus de l'entretien des bords de route et d'ouverture de milieu, les Taillis de Saule à (très) Courte rotation (TtCR).

2.1. Bocage et autres agro-combustibles

Dans sa mission d'animation du Plan Bois Energie Bretagne (PBEB) le pôle biocombustible de Aile [4] co-anime avec la FrCuma-Ouest les filières locales bois énergie de l'Ouest. Des besoins sont clairement identifiés sur la ressource bocagère qui, dans un contexte :

- d'agrandissement des parcellaires
- de temps alloué pour leur entretien de plus en plus réduit,
- de sous-consommation des produits issus du bois d'arbre (œuvre, énergie, matériaux, chimie verte),
- de manque de reconnaissance de la place de l'arbre dans la PAC (aspect économique et environnemental)

ont orienté les exploitants dans certains cas vers des pratiques de gestion qui ont tendance à affaiblir la haie, voire à les supprimer.

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

Les principales conséquences pressenties sont :

- une moindre productivité des haies (petites sections de bois peu adaptées pour le bois énergie, et encore moins pour le bois d'œuvre)
- et des fonctions écologiques et services éco-systémiques réduits (biodiversité, ressources air/eau/sol, pollinisation, etc...).

Un accompagnement des pratiques est cependant en cours au niveau national à travers le Label Haie [(5)] (planification, traçabilité, équité) et le programme Bocag'Air [(6)] sur le territoire 22-35 qui vise à encourager les agriculteurs à éviter le brûlage à l'air libre des menu-bois par leur retour au sol après un broyage/défibrage du produit.

Carte 1 : Densité bocagère en Bretagne (Source : Bretagne Environnement)	Les acteurs impliqués dans la gestion de la resource bocagère et agroforestière en Bretagne
	• Agence Eau, Agence Biodiversité, DRAFF, DREAL (Institutionnels) • Conseil Régional, (Breizh bocage) • CD35 (AAP Agro-foresterie), • AFAC-AF, ATBVB, Coat Nerzh Breizh (Associations), • Cuma, ETA, ETF Chantiers mécanisés.

Les autres formes d'agrocombustibles sont moins structurées à ce jour et peuvent présenter des contraintes de combustion (Green Pellets 2009-2011 [(7)]) et en amont une emprise foncière pour les cultures non-alimentaires (miscanthus). L'usage de certains résidus de culture sont d'ores-et-déjà ciblés dans les Schémas Régionaux Biomasse (exemple en Bretagne : retour au sol pour les pailles de céréales). Au regard de l'évolution des technologies de combustion, de techniques de récoltes, face aux enjeux ambitieux de la PPE, Aile met en lumière certains retours d'expérience (challenges, clefs de la réussite, technologie, économies, sociétal), notamment avec la ressource bocagère, au travers le programme AgroBioHeat 2019-2021 [(8)].

2.2. Produits issus de la collecte des déchets verts

Le coût de traitement des déchets verts se situe entre 20 et 30€/t de produit entrant.

Si l'on reprend l'exemple de Kerval Centre Armor, modèle qui est largement repris par la plupart des collectivités ayant la compétence, le principale mode de traitement pratiqué est le compostage sur plateforme ouverte, puis un criblage qui permet d'obtenir trois fractions, dont la proportion varie en fonction des saisons. L'enjeu est de taille sachant que **les** produits obtenus sont :

- à 80% donnés sous forme de compost aux agriculteurs (Fraction 0-30mm),. Le taux de cette fraction a tendance à augmenter en printemps-été sur les plateformes ne pratiquant pas le tri lors de la collecte des tontes de pelouses notamment.

- 10% est valorisé en chaufferie bois à faible coût (Fraction > 80mm),

- 10% n'ayant pas de débouché mis en place de manière durable (Fraction 30-80mm) car le taux d'humidité élevé nécessite réaliser une opération de séchage supplémentaire pour atteindre le niveau d'exigence en chaufferie.

Photo 1 : Fraction 0-30mm	Photo 2 : Fraction 30-80mm	Photo 3 : Fraction > 80mm

Le co-compostage est aussi parfois réalisé (algues et autres produits de la mer, boues d'épuration, etc…).

2.3. Produits issus de la récolte des bords de routes

Les première et deuxième passes (passage de coupe) effectuées respectivement en mai et juin sont directement valorisables en méthanisation à condition de récolter préalablement les déchets et inertes présents le long des routes (source projet Combine 2013-2015 [9] et Carmen 2016-2017 [10]). Cette pratique vertueuse favorise la biodiversité car l'exportation du produit de fauche favorise l'appauvrissement du milieu, notamment sur l'élément azote et donc permet l'apparition d'espèces pionnières. D'autre part, une récolte effectuée à une hauteur de 10 cm minimum permet de limiter les prélèvements de sable néfaste pour toute valorisation, y compris en méthanisation, et limite les risques d'érosion et donc d'encombrement des fossés associés à une coupe à même le sol. Les risques d'érosion sont également limités par la réduction de la fréquence des curages qui mettent à nu les fossés et suppriment temporairement leur fonction filtrante.

La nécessité d'une gestion différenciée s'impose pour la valorisation :

- des fauches tardives, récoltées lors de la passe de Juillet, elles sont difficilement valorisables en méthanisation car trop ligneuses.
- de la troisième passe (Sept-Nov), également trop ligneuse,
- des plantes invasives, dont la méthode de prélèvement pose encore aujouird'hui question avec les risques de prolifération qu'elle génère (collecte séparée ?)
- des produits ligneux, qui font parfois l'objet de valorisation en chaufferie ou de retour au sol direct.

	Les acteurs impliqués dans la récolte de l'herbe de bord de route avec valorisation des produits par typologhie de route sont les suivants :
Photo 4 : Entreprise EVA en 53 (Source : Aile)	● DirOuest, CEREMA, INERIS (Routes nationales), ● CD35, CD53 (Routes départementales) et CD22 (dépendances vertes), ● Couesnon Marches de Bretagne, Syndicat mixte des bassins de l'Ille, l'Illet et de la Flume, SYndicat Mixte du Trégor (Routes Intercommunales), ● Pacé, Laillé, etc… (Routes communales).

2.4. Produits issus de l'ouverture de milieu

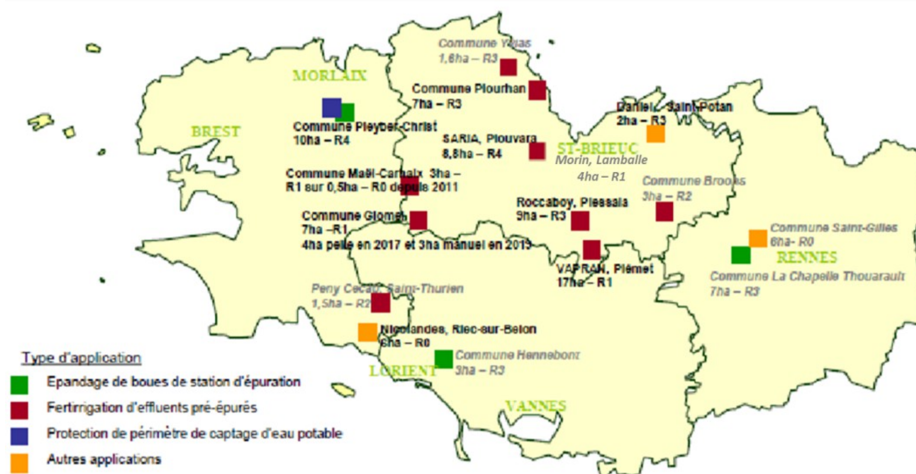
Les prestataires qui réalisent des interventions d'ouverture de milieux, qu'elle s'effectue en zone humide, en friche agricole ou autre, pratiquent le retour au sol direct. Certains végétaux comme les genêts, ajoncs et autres fougères suscitent de plus en plus d'intérêt pour envisager d'autres formes de valorisation.

	Les acteurs impliqués dans la récolte des produits issus de l'ouverture de milieu :
	● Entreprise spécialisée en ingenierie écologique (Dervenn), ● Parc Naturels Régionaux (Golphe du Morbihan), ● Broyage mécanisé (Entreprise TSR), ● Récolte manuelle (Etudes et Chantiers).

Photo 5 : Entreprise TSR en 56 (Source : Aile)	

2.5. TtCR de saule

Plus à la marge mais néanmoins choisi par certaines collectivités rurales et des industriels (agro-alimentaire) comme dispositif de traitement tertiaire d'effluents (Wilwater 2005-2007 [(11)], certaines plantations sont intervenues après comme à Plourhan en 2011), les pistes de valorisation pour le TtCR de saule ne manquent pas : Agronomie (bois raméal fragmenté appelé BRF qui est un produit broyé et épandu au sol encore frais), génie écologique (une fois fagotté il est possible de reconfectionner des berges de cours d'eau, de réaliser des fascines pour créer des barrières à l'érosion), combustible, chimie verte (extraction moléculaire à haute valeur ajoutée par bioraffinage), etc…



Carte 2 : Localisation des surfaces de TtCR de saules en Bretagne, type d'application, nom du propriétaire, surface implantée et cycles de récolte.

Le transfert des compétences assainissement et donc de gestion plus centralisée des dispositifs de TtCR de saules s'opère actuellement des communes vers les collectivités territoriales. En l'absence de récolte mécanisée, la récolte semi-manuelle est la solution actuellement retenue (interne au service bocage ou avec l'appui d'associations locales d'insertion par l'emploi, donnant une dimension sociale intéressante à cette pratique). La dynamique de plantation reste cependant très faible.

3. Les filtres sur charbon actif : un produit à (re)localiser?

3.1. Un produit importé massivement

En France, Une quantité de 160 000 t de charbon actif par an est importée (marché relativement constant ces dernières années). Il s'agit d'une industrie de plusieurs millions d'euros. La matière première utilisée est principalement la noix de coco, la plaquette forestière et assimilé, les coques de fruits, etc... mais aussi la tourbe, la houille, la lignite et d'autres produits pétroliers. Une phase d'activation suit le procédé de pyrolyse afin de nettoyer les pores (augmentation des capacités d'adsorption) et permettre l'élimination des huiles et goudrons dont certaines formes peuvent être indésirables pour certaines applications (agronomie, en tant qu'additif alimentaire en ingestion, etc…). Le programme Re-Direct 2017-2019 [(12)] a permis de comprendre le marché et les technologies existantes.

Utilisé pour bloquer par adsorption des éléments dissous lors du traitement final de l'eau, l'air, les gaz, la majorité du charbon actif importé provient d'Asie, des États-Unis et d'Afrique via des sociétés basées en Europe. Parmi elles, très peu sont localisées en France avec des usines de fabrication, elles sont pour la plupart basées en Belgique, en Allemagne, en Suisse, aux Pays-Bas. Les entreprises identifiées avec un réseau de distribution en France sont : Deltalis à Villerbanne (69), Jacobi (Ex Pica) à Vierzon (18), Carboserv à Thomery (77), Cabot Carbon SAS à Lillebonne

(76), Oxbow Coal (US) à Courbevoie (92), Chemviron (opération européenne de Calgon Carbon Corporation des États-Unis). Certaines de ces sociétés ont obtenu la certification ISO 9001: 2015 pour la fabrication, la vente et la distribution de charbon actif et de produits de réactivation ainsi que pour la conception, la gestion de projet et la fabrication d'équipements. Parfois membres de l'Activated Carbon Producers Association (ACPA), un groupe sectoriel du CEFIC (The European Chemical Industry Council) certains adhèrent à l'International Water Association (IWA).

Vital Concept vend des additifs alimentaires composés de charbon actif pour faciliter les réactions intestinales et que les éleveurs administrent aux veaux et autres poulets et porcs. Tous les centres de pharmacie en France vendent des produits à base de charbon actif (produit dermatologique, semelles orthopédiques pour limiter les odeurs) et certaines grandes surfaces également.

3.2. Un produit efficace mais coûteux : zoom sur le traitement de l'eau

Les collectivités et industriels qui utilisent le traitement sur filtres à charbon actifs pour la production d'eau potable et en une moindre mesure le traitement d'eaux usées font appel à des entreprises de service plug-and-play comprenant la reprise du charbon usagé et sa réactivation. Le coût de cette prestation complète se situe entre 1000 et 3000 € la tonne accompagné d'une incertitude élevée sur la stabilité des prix à court-moyen terme. Ce service est apprécié par les utilisateurs et limite les risques d'exposition pour les opérateurs (cas du charbon actif en poudre).

L'exemple de la station d'épuration de Betton (35 – Rennes Métropole) qui a expérimenté pendant un an (2015-2016) à l'initiative de la Saur l'efficacité du produit Carboplus® (breveté par Stereau du groupe Saur) est prometteur et en phase avec la démarche entreprise en Suisse qui consiste à instrumenter l'ensemble des stations d'épuration du territoire national avec des dispositifs filtration sur charbon actif. Le choix de la station d'épuration de Betton a été fait car 5% du total des eaux usées traitées proviennent de l'hôpital de Saint-Grégoire. Parmi les 26 molécules identifiées (identifiables), 18 molécules sont représentatives de la qualité des effluents du bassin versant, dont la majorité sont des résidus médicamenteux pour lesquelles le traitement sur charbon actif est particulièrement efficace. Cependant la difficulté à identifier certaines molécules, ajoutée aux niveaux d'exigence actuels en terme de qualité des rejets n'intégrant à ce jour pas les résidus médicamenteux n'ont semble-t-il pas permis de donner suite à cette expérimentation.

Si son utilisation est encore marginale en France pour l'assainissement, les dispositifs innovants que représentent les filtres sur charbon actifs commencent à se généraliser pour le traitement de l'eau potable, (Exemple : Rophemel (22) – Collectivité Eau du Bassin Rennais) et le traitement de l'eau de piscine par ozonation.

4. Les usages potentiels du biochar

4.1. Le biochar, un marché en devenir et un levier pour développer de nouveaux modèles de chaufferies bois ?

Le biochar obtenu avant la phase d'activation par pyrolyse de matière organique végétale riche en carbone, est toujours un produit de niche en France, son application principale est agronomique car il favorise la capacité d'échange cationique, la rétention/disponibilité de l'eau et de la biodiversité du sol, le stockage de carbone. Il est également vendu pour les terrains de football et les greens de golf. Il est beaucoup envisagé pour la remédiation (dépollution par fixation) des sols sur des sites (multi)pollués. Les producteurs actuels à l'échelle commerciale sont la Carbonerie (71), La Florentaise (49), SLB Terrafertilis (61).

Développée à des degrés divers de complexité et de maturité différente, la technologie de pyrogazéification vise à produire du gaz combustible d'un côté et de l'autre des produits à haute valeur ajoutée (biochar et bio-huile). La proportion de chaque produit dépend du temps de séjour et du taux d'oxygène (Re-Direct [(12)]). Les acteurs détectés en France sont : Naoden (44), VT-Green du groupe ETIA, Haffner Energie (cogénération hydrogène et biochar).

La production de gaz renouvelable à partir de biomasse ligneuse pourrait s'accompagner de la création de chaînes de valeur des co-produits issus de procédés de pyrogazéification. Ces matériaux biosourcés locaux pourraient être utilisés, au sein d'un territoire, en synergie avec d'autres applications transversales, **impliquant une multitude d'acteurs**:

- En agronomie et pour le stockage de carbone impliquant fortement la filière agricole,
- Pour la qualité des ressources air/eau/sol/gaz grâce à la une mobilisation transversale des services des collectivités territoriales (Énergie / Eau / Agriculture / Déchet) et en travaillant avec le secteur industriel et agricole pour réduire leur dépendance énergétique résoudre leurs besoins de traitements associés à leurs activités.

La re-création chaînes de bio-économies complémentaires, locales et rémunératrices pour l'ensemble des parties prenantes pourraient inciter vers un développement social et économique durable, et à plus long terme stimuler l'émergence de projets d'investissement participatifs.

4.2. Le biochar : vers une fonctionnalisation? des usages en cascade ?

La fonctionnalisation consiste à produire un biochar adapté à des besoins et des objectifs d'adsorption. Par exemple, permettre le blocage d'éléments nobles (Eau, Minéraux N, P, K et biodiversité du sol) ou au contraire indésirables représente un usage complémentaire intéressant à appréhender par les gestionnaires des ressources air/eau/sol. Préalablement imprégné il peut être utilisé sur les sols appauvris et pour stimuler la croissance des végétaux comme le propose Elementerre

L'institut Ithaka (GE) a testé plusieurs usages du biochar en cascade (principe "zero déchet"), notamment pour des applications complémentaires en élevage et en agronomie : ingestion, litière, stockage d'effluent, co-compostage, retour au sol, horticulture, maraîchage. Les problématiques de qualité de l'air (GES, mais aussi odeurs à l'épandage, au pâturage et émissions ammoniacales) et de l'eau (meilleure gestion des éléments minéraux, mais aussi pharmaceutiques, pesticides et autres éléments traces métalliques) sont bien évidemment prédominantes dans la définition de ces axes de recherche et des enjeux visés.

Des applications ont été envisagées dans la filière de gestion des déchets verts pour renforcer l'efficacité des équipements biofiltres actuels utilisés pour le traitement des odeurs, pour faciliter et accélérer le processus de compostage des déchets verts (co-compostage), ou pour renforcer les capacités épuratoires des lagunes (site Launay Lantic). Ces expérimentations n'ont pas été mises en place à ce jour, mais pourraient être envisagées dans le programme Three-C (2020-2023).

4.3. Exemple de la station d'épuration de Baden-Baden (GE)

Un film de 7min a été réalisé en anglais dans le cadre de Re-Direct et décrit entre 0:55 et 4:13 min la mise en place d'un pyrolyseur Pyreg 500 capable de produire 130T de biochar/an à partir de noyaux de fruits et autres résidus herbacés et semi-ligneux collectés en centre de tri ou lors d'opérations d'entretien de la voirie. La matière est ensilée en balles rondes sous bâche plastique pour sa conservation, puis est partiellement déminéralisée par un traitement hydro-thermal permettant d'abattre significativement le taux de cendre, mais encore difficilement le taux d'azote et certains autres minéraux. La particularité de Baden-Baden (GE) est que la plateforme de traitement des déchets verts est adossée à une station d'épuration qui fournit une grande quantité d'eau pour le traitement hydro-thermal et susceptible de consommer du charbon actif pour finaliser le traitement des eaux usées.

5. La démarche développée dans THREE-C (2020-2023)

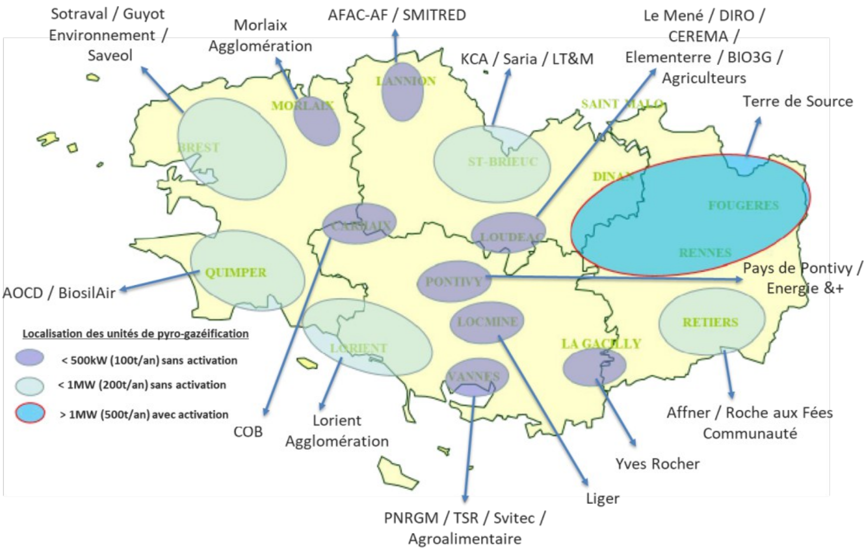
Ce programme d'accompagnement vise à étudier par territoire stratégique l'opportunité de la filière thermochimique pour produire des vecteurs énergétiques variés (mix) et complémentaires gaz/hydrogène/électricité, tout en produisant de la chaleur fatale, et des matériaux biosourcés de type biochar ou

charbon actif à haute valeur ajoutée. La synergie d'acteurs complémentaires (offre/demande) dans un objectif d'économie circulaire est envisagée pour une rémunération équitable de l'ensemble des parties prenantes.

5.1. Des scénarios imaginés à l'échelle régionale

Associée à Kerval Centre Armor lors du projet Re-Direct (2017-2019), Aile est désormais associée à :

- B2E (Bretagne Eco Entreprise) pour mettre en relation les acteurs, identifier les chaînes de valeur potentielles et valider leur opportunité.
- UNILASALLE et ENSCR : Deux écoles supérieures qui mettent à disposition des compétences scientifiques, des laboratoires et des plateformes d'essais (agronomie, agroalimentaire, bioressource et génie de l'environnement, production d'eau potable, traitement des eaux usées …).
- Des partenaires techniques proposant des solutions de production de biochar et de valorisation.



Carte 3 : Hypothèses envisagées à l'échelle de la Bretagne sur 14 territoires - Septembre 2019

5.2. Une approche par filière et par acteur : zoom sur KCA

Secteur géographique	Producteur (matière première)	Transformateur et/ou Producteur biochar	Utilisateur (Usages visés)
Kerval Centre Armor	Kerval Centre Armor (Refus de crible de déchet verts) Lamballe T&M (Bocage et autres agrocombustibles, Produits issus d'ouverture de milieux, zones humides, Forêt) Saria Industries, SecAnim Site Plouvara (7ha TtCR) Plourhan (7ha TtCR) Eleveur de porc Lamballe, (4ha TtCR – non exploité)	Kerval Centre Armor (Pilote Naoden en cours de mise au point) et/ou Saria Industries et/ou LT&M en partenariat avec le Pays de Saint-Brieuc	Kerval Centre Armor (Co-compostage, Biofiltre, Epuration végétalisée) LT&M (Assainissement/Elevage/agronomie/horticulture/maraîchage) Saria Industries (Biofiltre, Assainissement, Autre selon activation)

Tableau 1 : Scénario pouvant être envisagé à l'échelle de Kerval Centre Armor pour mettre en place une filière de production/valorisation de biochar.



Carte 4 : Territoire de Kerval Centre Armor et localisation de producteurs de biomasse identifiés (non exhaustif)

Glossaire

(1) Cendres : Les cendres volantes receuillies dans les dispositifs de traitrement des fumées font l'objet d'un enfouissement ou d'un pré-traitement pour une valorisation matière (Exemple : incorporation dans la fabrication

du béton). Les cendres sous foyer des installations inférieures à 2MW, aujourd'hui valorisées en retour au sol, l'usage en matériau biosourcé comme composant pour la fabrication de lessive notamment fait partie des pistes explorées par le CIBE).

(2) La PPE vise une consommation importante d'énergie thermique renouvelable : 196 TWh en 2023, entre 218 et 247 TWh en 2028, soit une augmentation de 25% en 2023 et entre 40 et 60% en 2028 de la consommation de chaleur renouvelable de 2016 (155TWh).

La PPE en 2023 ce sera notamment :

• Le remplacement de 10 000 chauffages charbon (la moitié de ceux restants) et 1 million de chaudières fioul (sur un parc restant de 3,5 millions) par des moyens de production de chaleur renouvelable ou des chaudières au gaz à très haute performance énergétique ;

• 9,5 millions de logements chauffés au bois avec un appareil efficace ;

• 1,2 millions de voitures particulières électriques en circulation (électriques et hybrides rechargeables) et plus de 100 000 points de recharge publics ;

• 3,4 millions d'équivalents logements raccordés à un réseau de chaleur

• Toutes les centrales électriques fonctionnant exclusivement au charbon arrêtées ;

• 2 réacteurs nucléaires arrêtés (Fessenheim) ;

• 20 000 camions au gaz en circulation ;

(3) PBEB (Plan Bois Energie Bretagne) : En Bretagne, l'État, la Région et l'ADEME agissent en partenariat pour accélérer la transition énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cet engagement se traduit par une stratégie régionale appelée « Ambition Climat Énergie, accélérer les transitions en Bretagne ». Prolongement d'une démarche de concertation engagée par les partenaires depuis plus de 10 ans, à l'échelle du territoire breton, la stratégie est partagée au sein de la Conférence Bretonne de la Transition Énergétique (CBTE). Dans ce contexte, l'État, la Région et l'ADEME et les Départements du Finistère et d'Ille-et-Vilaine souhaitent développer les énergies renouvelables et ainsi conforter la place bois énergie dans le mix énergétique breton.

Lors d'une session extraordinaire le 28 novembre 2019, le Conseil régional a approuvé le SRADDET, qui formule la vision du développement de l'aménagement du territoire pour les 20 prochaines années. Cette stratégie vise une trajectoire énergétique ambitieuse, dite « Transition », transcription régionalisée des objectifs nationaux de Facteur 4 de la Stratégie nationale bas-carbone 1. Ceci implique une division par deux des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2040 par rapport à 2015, une réduction de 35 % des consommations énergétiques, et une multiplication par 6 de la production d'énergie renouvelable. Par ailleurs, les collectivités bretonnes s'engagent à travers leur plans climats et leurs politiques d'actions pour l'adaptation au changement climatique à l'échelle du territoire régional. L'objectif général de ces démarches consiste à inventer une Bretagne qui, dans le contexte du changement climatique contre lequel elle contribue à lutter, préserve et même retrouve ce qui a toujours fait sa force, et notamment la qualité de son environnement, les conditions de vie et la santé des populations, garants du maintien de l'attractivité de la région et de sa qualité de vie.

(4) Aile : L'Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement), basée à Rennes, est spécialisée dans la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables en milieu agricole et rural, a été créée en 1995 à l'initiative du réseau des cuma de l'Ouest (Basse Normandie, Bretagne et Pays de la Loire) et de l'ADEME Bretagne.

En agissant à plusieurs échelles (européenne, régionale mais aussi locale au niveau des EPCI et des exploitations agricoles qui la composent) Aile anime, expérimente, diffuse des pratiques innovantes de valorisation énergétique et environnementale de la biomasse. L'objectif est d'inciter à (re)considérer cette ressource vivante pour produire une énergie locale renouvelable en substitution des énergies fossiles classiquement utilisées (fuel, gaz, électricité…). Aile peut intervenir pour porter une demande de terrain sur un sujet concret, répondre à une problématique récurrente provenant des agriculteurs locaux avec qui elle a l'habitude de travailler et/ou provenant d'un sujet innovant porté par un partenaire local/extérieur ou d'instances nationales/internationales.

(5) Label Haie : Porté au niveau national par l'AFAC-AF (Association Française Arbres Champêtres et Agroforesteries), il a été lancé officiellement en Octobre 2019 au Ministère de la transition écologique et solidaire. Il définit les principes de gestion durable des haies, les traduit en indicateurs mesurables pour guider l'apprentissage des bons gestes techniques et des pratiques respectueuses de l'environnement. Sa finalité est de faire valoir les services écosystémiques rendus par la haie, notamment à travers la mise en place de paiements pour services environnementaux (PSE). Une éco-conditionnalité des aides du PBEB pourrait être envisagée avec une part de bois « Label Haie » dans les contrats d'approvisionnements afin de promouvoir les garanties de gestion durable des ressources et d'accompagner les agriculteurs, mais aussi les territoires et les entreprises, porteurs de projets de chaufferies à définir une stratégie plus large autour de l'arbre.

Le projet de recherche et développement RESP'HAIES (RESilience et PERformances des exploitations agricoles liées aux HAIES) piloté par l'AFAC-AF a pour objectifs de promouvoir l'implantation, la gestion et la valorisation multifonctionnelle des haies au sein des exploitations et des territoires locaux, pour qu'elles contribuent à la résilience des exploitations agricoles et à leurs performances économiques, environnementales et socio-territoriales. A moyen terme, RESP'HAIES ambitionne de faire de la haie un atelier essentiel à prendre en compte pour la conception et la conduite de systèmes de production diversifiés, économiquement performants, basés sur les principes de l'agroécologie et faisant face aux changements climatiques.

(6) Bocag'Air (2018-2020) : Le projet Bocag'Air est issu de l'appel à projets Agr'Air édition 2017 et est soutenu par l'ADEME et le ministère en charge de l'écologie, en collaboration avec le ministère en charge de l'agriculture. Il vise un accompagnement des agriculteurs membres du réseau Cuma FBIA (Fédération des cuma Bretagne Ille-Armor) dans les Départements d'Ille-et-Vilaine et des Côtes d'Armor sur la réduction des émissions de particules liées à la combustion du bois (brûlages à l'air libre, combustion mal maîtrisée dans certaines chaudières automatiques sensibles) et la mobilité des tracteurs (gaz à l'échappement). Les partenaires techniques sont Aile, FrCuma, FBIA En lien étroit avec le CBB35 (Collectif Bios Bocage 35), des actions de sensibilisation et de démonstration sont menées pour inciter au développement de nouvelles pratiques coopératives, la mise en place de ces dernières étant facilitées par des aides à l'investissement dans des matériels innovants : broyeur de menu-branches pour le retour au sol des rémanents issus de la gestion du bocage et de la séparation des flux (branches < 7cm de diamètre), crible de plaquettes de bois pour obtenir des produits de granulométries différentes adaptées à différents usages au sein du système d'exploitation agricole (litières, paillage de nouvelles haies, retour au sol, co-compostage, combustible, etc...).

(7) Green Pellets (2013-2015) : Animé par Aile, ce programme européen Life a été cofinancé par l'Ademe, les Conseils Régionaux de Bretagne et des Pays de la Loire pour lequel les partenaires techniques suivants ont été associés : Coopedom (désormais nommé Deshyouest), Arvalis et Aebiom. Ce projet expérimental de 3 ans a permis d'identifier les conditions pour le développement de filières agrocombustibles à partir de biomasse herbacée qui soient respectueuses de l'environnement. Des tests de combustion conduits en laboratoire et en sites pilotes, sur le terrain, ont permis de connaître les performances de combustion et les émissions atmosphériques de différents agrocombustibles. Voici un extrait des enseignements pratiques qui en résultent :

Synthèse des résultats de composition des combustibles herbacés (analyses de 2011)																
	PCI (kJ/kg)	Humidité (%)	Résultats exprimés sur produit sec											Respect des référentiels		
			Cendres à 550 °C (%)	Azote (%)	Soufre total (mg/kg)	Chlore total (mg/kg)	T° de déformation (°C)	Cadmium (mg/kg)	Chrome (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Mercure (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)	NF444 GI	NF444 QHP	Obernberger
Préconisations d'Obernberger				<0,6	<1000	<1000		<0,0005 % (sur cendres)			<0,08 % (sur cendres)					
Marque NF 444 QHP	>15800	<11	<5	<1.5	<2000	<2000	>1000	<0,5	<10	<40	<60	<0,1	<1			
Granulés bois Coopédom	16 876	8,7	0,9	<0,30	227	107	1209	<	6,8	3,8	10,0	<	0,4	x	x	x
Granulés miscanthus	16 022	10,6	2,4	<0,30	747	657	840 à 1150	<	4,2	3,5	12,0	<	0,1	x		x
Granulés chanvre	15 617	9,5	3,4	0,68	870	235	1182	0,03	1,8	2,5	4,4	0,006	0,1	x		
Granulés swithcgrass	15 558	10,9	3,7	0,33	600	305	1123	<	1,9	3,1	9,1	0,005	0,1	x		
Granulés paille blé	15 596	10,0	4,9	0,43	645	760	818	<	0,8	2,2	6,6	0,005	<	x		
Granulés paille colza	14 809	10,7	6,9	0,81	2600	1560	1468	<	0,6	2,2	6,5	<	0,1			
Granulés roseau	15 374	11,3	5,1	0,69	1100	680	1260	<	1,6	2,9	28,1	<	<	x		
Granulés 40% miscanthus	16 785	8,0	1,4	0,43	637	620	1132	0,17	2,3	21,7	11,5	0,002	0,1	x	x	
Granulés 20% paille colza	17 201	6,6	2,0	0,52	1013	1667	1412	0,03	1,2	21,4	9,1	<	0,1	x	x	
Plaquettes bocagères	13 900	22,1	2,9	0,5	555	305	1380	0,43	0,8	3,3	9,4	0,001	0,1	x	x	
Moyenne 3 miscanthus vrac	14 807	16,0	2,5	0,33	457	600 à 1400	970 à 1070	0,04 à 0,9	2,4	4,3	15,4	<	<			
Roseau vrac	15 424	13,4	5,2	1,35	1933	5867	1102	0,06	2,1	7,6	47,2	<	0,2			
Lande	15 134	20,4	2,4	<0,30	2267	1967	1004	0,05	1,1	4,4	27,3	<	0,1			
Ceps vigne	14 983	17,6	2,6	0,36	637	108	>1500	0,05	1,1	7,9	41,4	<	0,6	x	x	
Sarments vigne	14 799	16,3	2,9	0,60	730	250	>1500	0,04	1,0	7,5	25,3	<	0,2	x	x	

Conforme à la marque
Non conforme à la marque
Non conforme à la marque à plus de 10%
Conforme à la marque à ±10%
Conforme à la marque (+ de 10%), ne respectant pas les préconisations d'Obernberger
Conforme à la marque (+ de 10%) et respectant les préconisations Obernberger

(8) AgroBioHeat 2019-2021 : Dans la suite de Green Pellets, à travers ce programme européen H2020, Aile met en lumière des chaufferies qui fonctionnent avec des agrocombustibles et favorise l'interconnaissance à différents échelons :

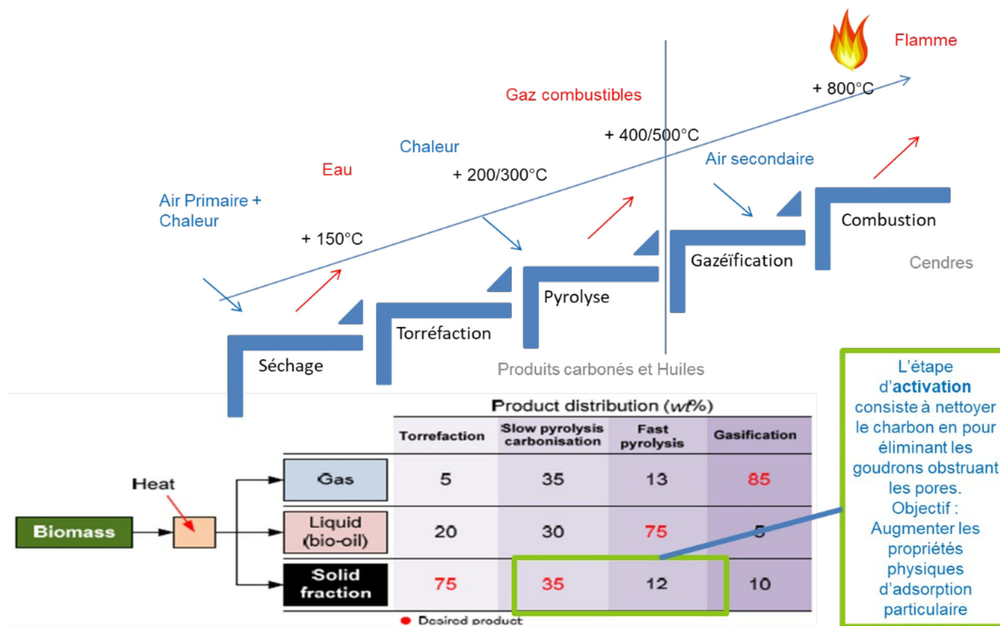
- Plusieurs des OPA impliquées dans le le RMT Biomasse, Energie, Environnement et Territoire qui s'est arrêté en 2018 et souhaitent continuer à prospecter des usages complémentaires pouvant intervenir dans le domaine de la bioéconomie.
- Le Bureau Bioéconomie du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, qui pointe du doigt les importations de bois à usage combustible et souhaitent s'approprier la question des agro-combustibles en France. La transposition de la directive énergie renouvelable pour la période 2021-2030 (RED II) n'a pas commencé, elle est en cours avec la DGEC et la question des agro-combustible pourra être intégrée dans la PPE. D'autre part, le schéma national biomasse doit également préciser les ressources disponibles, notamment la question de la mobilisation de la biomasse par rapport aux usages.
- L'Ademe a besoin de mieux recenser les flux de biomasse à usage alimentaire/non alimentaire et matériaux/non matériaux.
- Le Cibe souhaite élargir le panel des biocombustibles en mettant au point des mix-produits, autrement dit, des recettes adaptées à toutes tailles de projets avec un combustible local adapté et confectionné. Dans le prolongement, RAGT Energie souhaite équilibrer les contraintes des différentes caractéristiques physico-chimiques des combustibles par une association adaptée des ressources des territoires où se trouvent les projets.

(9) Combine 2013-2015 : Programme Inter-Reg animé en France par Aile, qui a permis de tester la récolte de bord de route et la valorisation directe des produits en méthanisation. En Allemagne un procédé a été mis en place à Baden-Baden pour déminéraliser l'herbe et la rendre compatible en combustion.

(10) Carmen 2016-2017 : AAP CIDe (Connaissance des Impacts de la gestion des Déchets) de l'Ademe, associant Cerema, Ineris et Aile, cette expérimentation a permis de valider la compatibilité des produits de fauche pour une valorisation en méthanisation, notamment vis-à-vis du risque de contamination liée à la pollution émanent du trafic routier sur différentes typologies de route.

(11) Wilwater 2005-2007 : Programme européen Life animé par Aile qui a permis de tester les capacités épuratoires et les modalités d'exploitation de cent hectares de Taillis de saules à très Courtes Rotations implantés en Bretagne et plus largement dans le Grand-Ouest pour des effluents prétraités d'origines variées : agroalimentaire, assainissement collectif en communes rurales, lixiviats d'ordures ménagères. La commune de Pleyber-Christ (29) a également mis en place l'épandage de boues d'épuration sur TtCR et l'implantation sur un périmètre de captage d'eau potable.

(12) Re-Direct 2017-2019 : Programme Inter-Reg animé par Aile en France qui a permis de mieux comprendre la technologie de pyrogazéification et de rencontrer des utilisateurs de charbon actif et des chaînes de production potentielles à l'échelle de la Bretagne.



Product distribution (wt%)

	Torrefaction	Slow pyrolysis carbonisation	Fast pyrolysis	Gasification
Gas	5	35	13	85
Liquid (bio-oil)	20	30	75	5
Solid fraction	75	35	12	10

● Desired product

Source : Université de Gent, Reinhart Van Poucke